

关于福建省发展多晶硅工业的分析与思考

洪 湄

(厦门大学计划统计系 福建厦门 361005)

摘要 根据国内外多晶硅工业的发展近况,详细分析了国际、国内多晶硅材料的行业发展情况和市场前景,从多晶硅的生产方法及市场发展等方面入手,探讨福建省发展多晶硅产业的优势与问题,对福建省多晶硅产业发展进行了剖析与思考,并将多晶硅产业的发展与太阳能光伏产业和电子信息产业发展的瓶颈关系联系起来分析,对企业及相关政府部门提出了一系列的建议与对策。

关键词 福建省 多晶硅 光伏产业 建议

中图分类号: P578.94

文献标识码: A

文章编号: 1672-9064(2008)01-0004-03

目前太阳能已经成为最受关注的绿色能源,多晶硅是目前应用最广泛的太阳能电池材料。世界光伏产业年平均超过30%的快速增长拉动了对原料太阳能级多晶硅的需求,如今太阳能级多晶硅的需求已经超过了电子级多晶硅,在全球多晶硅严重不足的情况下,价格飞涨,很难购买。一些国外的生产商已开始对我国实行限购。我国光伏产业面临的硅材料缺乏形势已成为我国发展光伏产业的巨大障碍,太阳能级多晶硅成为光伏产业瓶颈,发展多晶硅产业刻不容缓。福建省硅矿石资源丰富,每年生产近8万t工业硅,占全国产量16%,但多晶硅的生产能力很低,因此,研究福建省发展多晶硅产业的优势与问题,对福建省发展多晶硅工业进行分析与思考,具有重要的现实意义。

1 多晶硅的分类及应用

硅是地壳中除氧之外含量最多的元素,主要以化合物二氧化硅的形式存在,俗称石英石。石英石通过碳还原为纯度达97%~99%的工业硅,主要分为冶金用硅和化学用硅两类。冶金硅主要用于生产硅铝合金,化学硅用于有机硅和半导体生产等领域。以工业硅为原料,经过一系列的物理化学反应提纯后达到一定纯度的电子材料称为多晶硅。

多晶硅材料是硅产品产业链中极为重要的一个中间产品,它是制造太阳能电池、高纯硅制品和硅抛光片的主要原料,也是发展信息产业和新能源产业的最基础的原材料。多晶硅主要用于半导体和太阳能电池,按纯度要求不同,分为电子级和太阳能级。其中,电子级多晶硅占55%左右,太阳能级多晶硅占45%。1994年全世界太阳能电池的总产量只有69MW,而2004年就接近1200MW,在短短的10a里就增长了17倍。

专家预测太阳能光伏产业在21世纪前半期将超过核电成为最重要的基础能源之一。随着光伏产业的进一步迅猛发展,太阳能电池对多晶硅需求量的增长速度高于半导体多晶硅的发展速度,预计到2008年太阳能多晶硅的需求量将超过电子级多晶硅。当前,晶体硅材料(包括多晶硅和单晶硅)是最主要的光伏材料,其市场占有率在90%以上,而且在今后相当长的一段时期也依然是太阳能电池的主流材料。

2 国际多晶硅产业及市场发展近况

据悉,美国能源部计划到2010年累计安装太阳能发电容量4600MW,日本计划2010年达到5000MW,欧盟计划达到6900MW,预计2010年世界累计安装量至少18000MW。据国外资料分析报道,世界多晶硅的产量2005年为28750t,其中半导体级为20250t,太阳能级为8500t。半导体级需求量约为19000t,略有过剩;太阳能级的需求量为15000t,供不应求。从2006年开始太阳能级和半导体级多晶硅需求均有缺口,其中太阳能级产能缺口更大。

据日本稀有金属杂志2005年11月报道,世界半导体与太阳能多晶硅需求紧张,主要是由于以欧洲为中心的太阳能市场迅速扩大,2006年、2007年多晶硅供应不平衡的局面将愈演愈烈,多晶硅价格方面半导体级与太阳能级原有的差别将逐步减小甚至消除,2005年世界太阳能电池产量约1GW,如果以1MW用多晶硅12t计算,共需多晶硅是1.2万t,2005~2010年世界太阳能电池预计平均年增长率为25%。

从长远来看,考虑到未来石化能源的短缺和各国对太阳能产业的大力支持,需求将持续增长。根据欧洲光伏工业联合会2010年各国光伏产业发展计划预计,届时全球光伏产量将

作者简介:洪湄(1987-),女,福建南安人,厦门大学计划统计系本科生。

达到 15GW, 设想其中 60%使用多晶硅为原材料, 如果技术进步每 MW 消耗 10t 多晶硅, 保守估计全球至少需要太阳能多晶硅 5 万 t 以上。

世界多晶硅主要生产企业有日本的 Tokuyama、三菱、住友公司;美国的 Hemlock、Asimi、SGS MEMC 公司;德国的 Wacker 公司等, 其年产能绝大部分在 1000t 以上, 其中 Tokuyama、Hemlock、Wacker 3 个公司生产规模最大, 年生产能力均在 3000~5000t。多晶硅材料的生产技术长期以来掌握在美、日、德等 3 个国家 7 个公司的 10 家工厂手中, 形成技术封锁、市场垄断的状况。

国际多晶硅主要技术特征:

(1) 多种生产工艺路线并存, 产业化技术封锁、垄断局面不会改变。由于各多晶硅生产工厂所用主辅原料不尽相同, 因此生产工艺技术不同。进而对应的多晶硅产品技术经济指标、产品质量指标、用途、产品检测方法、过程安全等方面也存在差异, 各有技术特点和技术秘密。总的来说, 目前国际上多晶硅生产主要的传统工艺有: 改良西门子法、硅烷法和流化床法。其中改良西门子工艺生产的多晶硅的产能约占世界总产能的 80%, 短期内产业化技术垄断封锁的局面不会改变。

(2) 新一代低成本多晶硅工艺技术研究空前活跃。除了传统工艺(电子级和太阳能级兼容)及技术升级外, 还涌现出了几种专门生产太阳能级多晶硅的新工艺技术, 主要有: 改良西门子法的低价格工艺; 冶金法从工业硅中提取高纯度硅; 高纯度 SiO_2 直接制取; 熔融析出法 (VLD: Vapor to liquid deposition); 还原或热分解工艺; 无氯工艺技术, Al-Si 溶体低温制备太阳能级硅; 熔盐电解法等。

3 我国多晶硅产业及市场发展近况

我国多晶硅工业起步于 20 世纪五、六十年代中期, 初期多达 20 余家, 但生产规模小, 工艺技术落后, 环境污染严重, 耗能大, 成本高, 产能与生产技术都与国外有较大的差距。现在国内主要多晶硅生产厂商有洛阳中硅高科技公司、四川峨眉半导体材料厂和四川新光硅业公司。峨眉厂是国内最早拥有多晶硅生产技术的企业, 新光公司实施的 1000t 多晶硅生产线已经投产。

我国集成电路的增长, 硅片生产和太阳能电池产业的发展, 大大带动多晶硅材料需求的增长。太阳能电池用多晶硅按每生产 1MW 多晶硅太阳能电池需要 11~12t 多晶硅计算, 预测到 2010 年太阳能电池产量达 300MW, 需要多晶硅估计约 4200t, 因此太阳能电池的生产将大大带动多晶硅需求的增加。

由于多晶硅需求量继续加大, 在市场缺口加大、价格不断上扬的刺激下, 国内涌现出一股多晶硅项目的投资热潮, 云南、上海、青海、内蒙、广西、重庆、辽宁、浙江等地已经有建生产线计划和实施项目。由于需求增加快速, 但供给成长有限, 多晶硅料源的供应 2007 年将是最严重缺乏的一年, 预计到 2009 年, 全世界多晶硅的年需求量将达到 6.5 万 t。在未来的 3~5a 间, 也就是在中国的“十一五”期间, 将是中国多晶硅产业快速发展的黄金时期。

国内浙江大学、大连理工大学、西北工业大学、中南大学、河北工业大学、昆明理工大学、厦门大学等单位开展了物理冶金法太阳能级多晶硅新技术的研究与开发, 但都还在实验室阶段, 还未能进入产业化应用。国内目前有些生产厂商正在摸索物理冶金法从工业硅制造太阳能级多晶硅, 也都还在试验阶段, 未实现产业化。

同国际先进水平相比, 国内多晶硅生产企业在产业化方面的差距主要表现在以下几个方面:

(1) 产能低。2005 年中国太阳能用单晶硅企业开工率在 20%~30%, 半导体用单晶硅企业开工率在 80%~90%, 无法实现满负荷生产。多晶硅技术和市场仍牢牢掌握在美、日、德国少数几个生产厂商手中, 严重制约我国产业发展。

(2) 生产规模小。现在公认的最小经济规模为 1000t/a, 最佳经济规模在 2500t/a, 而我国现阶段多晶硅生产企业离此规模仍有较大的距离。

(3) 工艺设备落后。同类产品物料和电力消耗过大, 三废问题多。与国际水平相比, 国内多晶硅生产物耗能耗高出 1 倍以上, 产品成本缺乏竞争力。

(4) 千吨级工艺和设备技术的可靠性、先进性、成熟性以及各子系统的相互匹配性都有待生产运行验证, 并需要进一步完善和改进。

(5) 企业技术创新能力不强, 基础研究资金投入太少, 尤其是非标设备的研发制造能力差。

(6) 地方政府和企业投资多晶硅项目, 存在低水平重复建设的现象。

4 福建省多晶硅产业及市场发展近况

我省硅矿石资源丰富, 在全省分布了大大小小 50 多家工业硅的生产企业, 每年生产近 8 万 t 工业硅, 占全国产量 16%。目前福建省内还没有引进国内外厂家当前普遍采用的西门子法的高纯多晶硅生产线。只有部分工业硅生产企业开展冶金法研发和生产太阳能级多晶硅, 并取得了一些技术突破。众多多晶硅产业发展项目已经投入建设, 如表 1。

表 1 福建省多晶硅产业发展重点项目表

序号	项目名称	建设单位
1	高纯硅技术的研发和生产 (6000t)	南安三晶硅品精制有限公司
2	太阳能硅研发和生产 (2000t)	佳科太阳能硅(厦门)有限公司
3	高纯硅研发和生产 (5N, 2000t)	福建润翔冶金有限公司
4	高纯硅研发和生产 (5N, 2000t)	上杭朝阳硅业有限公司
5	高纯硅研发和生产 (年产 600t)	上杭九洲硅业有限公司
6	5N 多晶硅规模化生产 (700t)	上杭联合硅品有限公司
7	引进日本技术开发 6N 以上太阳能级硅	寿宁三祥冶金有限公司
8	引进挪威高纯硅生产线 (1000t)	漳州国绿太阳能科技公司

其中, 南安三晶公司已在德化、泰宁建立粗硅生产基地, 在南安建立高纯硅生产基地, 均在扩产之中。该公司经过 10 多 a 来硅材料的生产和加工的经验积累和探索, 研究开发出太阳能级高纯度硅(多晶硅)的物理提纯技术, 材料经拉单晶, 制成太阳能电池片, 批次获得转换效率 15.19%、16.33%, 最高达 17.56%的良好效果, 全部符合太阳能电池生产的要求。该生产技术相比于西门子气相法而言, 成本少、产量大、价格低、无污

染,可以替代进口高纯度硅,将彻底打破国外对我国太阳能级高纯度硅材料生产的技术封锁和产品限制,改变我国光伏产业发展受制于人的艰难局面。厦门、连城、上杭等的硅生产企业也取得了太阳能级多晶硅低成本产业化的技术突破。

5 福建省多晶硅产业发展的有利条件

硅材料工业生产具有能耗高、技术含量高、国际垄断性强等特点。从国内硅材料工业基地发展情况看,除国家重点扶持的重要企业外,大部分企业是与国外合作,引进技术、引进资金发展起来的。福建省发展多晶硅产业有以下优势:

(1)生产工业硅所需的原材料较为丰富,生产成本低廉。我省硅矿石资源和水电资源丰富,可为发展多晶硅产业提供可靠的物质保证。硅石资源丰富、品位高,小水电站发达,遍布全省各区,与硅石矿资源配套,成为我省的初级硅冶炼和提纯最重要的基础。以目前的生产工艺,生产多晶硅需要消耗大量的电力,每生产 1t 工业硅需要 11000kWh 电,而生产多晶硅的电力成本达到了其总成本的 10%以上。水电资源丰富,价格低廉是一大优势。

(2)研发力量雄厚,人才科技条件较好。厦门大学是全国最早创办半导体物理和半导体器件物理专业的 5 校之一,物理系长期从事半导体光电材料和光电器件的研究,早在上世纪 60~70 年代就从事过初级硅的提纯、单晶硅的生长和硅材料寿命、扩散长度的检测工作,80 年代还承担了国家自然科学基金所支持的高效、抗辐照高硅太阳电池的研制任务,为国家培养过大批从事硅材料和硅太阳电池的专业人才。厦大化学系长期从事电化学电池的研究,在储能学科和相关材料方面拥有一定的科研师资力量。福建省邮电研究所和漳州国绿在太阳电池通信系统的应用方面已做了大量的产品研发工作。

(3)产业基础稳固。全省现有工业硅生产企业 50 多家,年工业硅近 8 万 t,已有一些工业硅生产企业较早在国内探索低成本提纯技术,目前达到 99.99%的水平,为太阳能级高纯硅(纯度达 99.99998%)的生产打下了良好的基础。

(4)我省高速发展的半导体照明产业及光伏产业对多晶硅产业有迫切的需求,市场发展空间广阔。光电产业已成为福建省的重要产业,厦门市是我国半导体照明产业基地之一。省内的光伏产业已开始有一定数量的太阳电池组件封装和一些光伏电池的生产,为手机直放站、草坪灯、路灯、夜景工程以及和 LED 的应用提供配套电源,下游产业的蓬勃发展必将推动我省光伏产业的整体开发,这些产业的高速发展都需要以多晶硅产业为依托。

6 福建省多晶硅产业发展存在的问题

从我省太阳能产业现状和未来发展趋势分析,还存在一些不利因素将制约我省多晶硅产业的发展,主要有:

(1)和全国一样,我省尚未完全掌握从工业硅到太阳能级高纯硅的生产技术,使发展硅太阳电池的生产受到限制。目前国内太阳能级高纯硅的产量远不能满足国内生产太阳电池的需要(2005 年国内生产太阳能级高纯硅 300t,国内实际需求量

3800t 以上),国内使用的高纯硅主要从国外高价进口(正常价格约 45~50 美元/kg,现在炒作到 200 美元/kg 以上)。太阳能级高纯硅是制约我省光伏产业发展的主要瓶颈。

(2)起步晚,基础薄弱,市场尚未打开。我省多晶硅产业起步晚,这对打开多晶硅应用市场有一定阻碍。

(3)政府投入和推动不足。除了南安市、建瓯市外各地没有推出鼓励与扶植太阳能产业的强有力的政策措施。太阳能产业是代表未来的高技术产业,具有高技术、高投入、高附加值和高风险性的特点,需要较大的前期投入。发达国家在太阳能产业发展的前期,政府在资金投入和政策扶持方面有较大力度。

(4)我省现有太阳能产业的研发力量分散,有待组织、规划和加强。目前上游研发力量主要分散在厦大、福大和相关企业,省邮科所和漳州国绿主要从事太阳电池在通信领域的应用,专业人才总体偏少。还没有有针对性专业人员的培养计划,相关课程分散在高校各专业。太阳能产业的中级技术人才和技术工人培养尚属空白,分散的研发机构中出现了低水平项目的重复投资建设,造成一定的人力物力资源浪费。

7 对福建省发展多晶硅产业的建议

发展壮大福建省多晶硅产业的市场条件已经基本具备,时机已经成熟。我省相关部门应加大对多晶硅产业技术研发、科技创新、工艺完善、项目建设的支持力度,抓住有利时机,推动福建省多晶硅产业加快发展。

(1)加快南安、厦门、连城、上杭等的硅生产企业突破千吨级低成本高纯硅产业化关键技术,形成可供太阳电池使用,建成节能、低耗、环保、循环、经济的多晶硅材料生产体系,突破光伏产业发展的“瓶颈”,真正实现低成本高纯硅材料的自给和出口。形成从材料生产工艺、装备、自动控制、回收循环利用的多晶硅产业化生产线,材料性能接近国际同类产品指标。

(2)依托厦门大学等高校以及中国科学院福建物构所等研究院所,加强新一代低成本工艺技术基础性及前瞻性研究,建立低成本太阳能多晶硅研究开发的知识和技术创新体系,获得具有自主知识产权的生产工艺和技术。

(3)政府主管部门加强宏观调控与行业管理,避免低水平项目的重复投资建设,保证产业的有序、可持续发展。

(4)加大招商选资力度。充分发挥已有高纯硅项目的吸引力和集聚力,瞄准国内外知名光伏企业,引进合作伙伴到福建省投资办厂,尽快形成光伏产业链条。加大对外宣传推介力度,争取在外资引进、台资引进和大项目引进上尽快取得突破。

(5)加大政策支持力度。主动争取、认真落实各级政府的优惠政策支持,加大政府的政策扶持力度,简化办事程序,优化行政服务,全方位支持多晶硅产业建设和龙头企业发展。

参考文献

- 郭瑾,李积和.国内外多晶硅工业现状.上海有色金属,2007,28(1)
- 福建省经贸委.福建省太阳能产业发展行动方案(2007~2009)